Leonardo da Vinci a Piombino: progetti di ammodernamento delle fortificazioni del litorale toscano[1]

Stefano Bertocci,[2] Matteo Bigongiari

1. Resoconto sul rilievo e sulle tecniche di Leonardo: un nuovo modo di confrontarsi con i taccuini del Maestro

Con questa ricerca abbiamo tentato di esplorare, attraverso gli strumenti culturali del settore del rilievo dell'architettura e le applicazioni digitali contemporanee a nostra disposizione, un tema già diffusamente conosciuto, con l'obiettivo di definire più approfonditamente, attraverso la lettura del 'testo architettonico', le attività di Leonardo come architetto militare a Piombino in Toscana nei primissimi anni del Cinquecento, alle dipendenze prima del Valentino e poi della Repubblica di Firenze. Il fondamento del lavoro, che non può prescindere da una attenta rilettura, condotta in parallelo alla ricerca sul campo, della documentazione storica relativa allo sviluppo della cittadina toscana, è costituito dal rilievo scientifico delle strutture fortificate che ancora permangono, seppure in parte manomesse e mutilate.

L'ipotesi di progetto è quella di tentare di fornire un contributo scientifico, basato sui risultati ottenuti dal rilievo digitale e dalla documentazione storica sino ad oggi reperita, per l'interpretazione e l'analisi dei numerosi disegni di Leonardo che ci sono pervenuti, principalmente attraverso la raccolta del Codice II della Biblioteca Nazionale di Madrid. I disegni e gli scritti di Leonardo, e non solo quelli inerenti al tema di Piombino, sono stati già approfonditamente analizzati secondo molti aspetti: sotto il profilo storico, tentando di ricostruire la sequenza temporale degli eventi e dei documenti legati alla figura di Leonardo, sotto quello storico-artistico, ricercando le caratteristiche espressive del disegno di Leonardo e inserendole all'interno del panorama culturale proprio del Rinascimento, ed infine dal punto di vista del *ductus*, ovvero le modalità di scrittura e dei segni che sono cambiati nel tempo con la maturazione del Maestro ed i suoi tentativi di sistematizzazione delle tematiche degli appunti. La ricerca, partendo dalle analisi e dalle interpretazioni precedentemente condotte dagli studiosi del settore, si basa quindi sulla lettura sinottica delle fonti, concentrandosi nello specifico sull'analisi dei disegni e dei progetti per Piombino raccolti nel Codice II di Madrid.

[1] Questo testo rappresenta una rielaborazione ampliata e aggiornata di Bertocci, Bigongiari 2020a.

[2] Componente del Comitato Scientifico, ha curato il video *Leonardo da Vinci e le fortificazioni di Piombino* per la mostra multimediale.

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)
FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)
Stefano Bertocci, Matteo Bigongiari, *Leonardo da Vinci a Piombino: progetti di ammodernamento delle fortificazioni del litorale toscano*, pp. 223-232, DOI 10.36253/978-88-5518-514-1.25

Come è noto, i disegni sono spesso commentati da testi, annotati dal Maestro ai margini delle illustrazioni o anche sopra gli schizzi stessi, tradendo probabilmente la fretta del sopralluogo preliminare. Va tenuto presente che Leonardo riutilizzava spesso gli spazi liberi o sovrascriveva i fogli di lavoro che poi sono stati successivamente rilegati in quaderni come nel caso dei codici madrileni.[3]

Questa ricerca si fonda, quindi, sull'accurata restituzione dei rilievi delle strutture difensive dalla città, per cercare di riconoscere, dalla lettura delle stratigrafie degli interventi che le superfici murarie superstiti presentano, unitamente alle analisi condotte sulle fonti storico-documentarie e alle recenti analisi archeologiche condotte nella zona del Castello e delle mura, le porzioni che eventualmente sopravvivono di quello che poteva essere il sistema fortificato della cittadina nel primo Cinquecento.[4] Questi risultati sono stati infine confrontati con i disegni di Leonardo da Vinci che illustrano i rilievi e i progetti per le difese della Signoria di Piombino ottenendo un certo numero di interessanti riscontri, i cui primissimi risultati sono stati presentati nel convegno Fortmed 2020.[5]

Gli studi relativi all'intervento leonardesco a Piombino sono relativamente recenti e legati, in particolare, alla scoperta, avvenuta negli anni '60 del secolo scorso, dei due codici madrileni che raccolgono le attività del Maestro nella Signoria degli Appiani. Sebbene gli storici siano concordi sull'attribuire a Leonardo un periodo di permanenza a Piombino, negli studi precedenti il fondamentale contributo di Amelio Fara, che hanno consentito di restituire all'intervento di Leonardo un doveroso approfondimento, il tema delle fortificazioni progettate per Jacopo IV Appiani è sempre stato affrontato in modo sommario.[6]

I disegni che ci sono pervenuti, come ricordato, nascono evidentemente come schizzi di studio, come disegni preparatori per presentare un progetto ben più dettagliato di cui si sono perse le tracce: il taccuino in cui sono conservati, il Codice II di Madrid, venne composto probabilmente dal Maestro come tentativo di sistematizzazione dei vari fogli di appunti su cui annotava, come era solito fare, gli argomenti più svariati che gli erano utili sul momento. In quasi tutte le pagine del manoscritto si trovano testi che accompagnano i disegni, che riguardano tematiche anche molto differenti tra loro e spesso si sovrappongono come in un palinsesto, il che rende a volte difficilmente comprensibile la prima intenzione leonardiana nell'utilizzo dei fogli.[7]

[3] I disegni di Leonardo da Vinci su Piombino sono stati analizzati da Fara 1999 e recentemente approfonditi da Matteo Bigongiari (2020) nella sua Tesi di dottorato in Architettura.

[4] Le campagne di rilievo sono state condotte fra il 2018 ed il 2019 utilizzando tecnologie di rilievo digitale integrato: tecniche *laser scanner* 3D terrestre, integrate con reti topografiche e sistemi fotogrammetrici terrestri e aerei a bassa quota. Sono stati restituite cartografie generali del perimetro delle mura del centro storico e delle scogliere dal lato del mare con modelli 3D mappati fotorealisticamente, piante alla scala architettonica ed ortofotopiani calibrati sulle basi di rilievi *laser scanner* altamente affidabili.

[5] Una lista parziale dei cui materiali si trova su <https://riunet.upv.es/handle/10251/145139/recent-submissions> (09/2021). Per le indagini archeologiche v. Bianchi 1999 e 2012. Per un primo contributo sui risultati dei rilievi vedi Bertocci, Bigongiari 2020 e 2020a.

[6] Le prime considerazioni sui disegni leonardiani di Piombino sono state fatte da Heidenreich 1974, quindi da Fara 1999.

[7] Il Codice II di Madrid è stato studiato e trascritto da Reti 1974.

Quello che ancora era necessario sviluppare nella ricerca sull'intervento di Leonardo era uno sguardo ai suoi disegni dal punto di vista architettonico, cercando di comprendere non solo la morfologia degli edifici e delle planimetrie rappresentate, ma anche il metodo con cui l'artista si approcciava alla progettazione di architetture fortificate e le caratteristiche della rappresentazione architettonica utilizzata nei disegni, sia dal punto di vista artistico che tecnico.

Tutto questo ha portato a riesaminare i documenti originali andando ad analizzare i palinsesti che si possono riscontrare nei vari fogli del codice madrileno, che, in seguito ad una attenta analisi, restituiscono una vera e propria stratigrafia delle fasi di lavoro affrontate da Leonardo nell'approccio alla progettazione delle fortificazioni di Piombino. Quando abbiamo iniziato il lavoro di verifica degli eventuali riscontri fra piante, planimetrie e sezioni schizzate dal Maestro, fra le varie caratteristiche che possono essere ritrovate nell'analisi grafica dei disegni, ci ha sorpreso la scoperta, già intuita dal Fara ed in parte verificata nel suo lavoro, della effettiva rispondenza con alcune parti delle restituzioni dei rilievi sul posto. Nel seguente capitolo viene discusso con maggiore dettaglio ognuno dei casi riscontrati ma va effettivamente rilevato che, in qualche modo, Leonardo era in grado di disegnare in maniera proporzionata se non addirittura 'in scala'. Oltre all'utilizzazione dei sistemi di rilevamento topografico[8] a sua disposizione appare evidente il 'portato' della sua esperienza artistica di disegnatore in grado di apprezzare a fondo il tema della giusta proporzione dello schizzo, sia quando si tratta di rilievo delle preesistenze, sia per quanto riguarda le proposte progettuali che preludono all'opera completa ben realizzata.

2. Il contributo del rilievo scientifico alla analisi critica dei taccuini

La ricerca presentata in questo contributo si è sviluppata seguendo due percorsi di analisi differenti: uno legato allo studio delle fonti, per comprendere a fondo gli studi e le problematiche che riguardano vari argomenti a carattere storico ed architettonico-militare; un secondo che deriva da operazioni di lavoro pratico sul campo e che, nello specifico, riguarda la programmazione e l'esecuzione dei rilievi di ciò che oggi rimane delle fortificazioni di Piombino. Per questo motivo è stata divisa in due distinti momenti: un primo in cui lo studio delle fonti è utile ad estrarre le informazioni riguardanti le conoscenze tecniche, architettoniche e militari di Leonardo da Vinci, inquadrando inoltre la tematica che affronta l'evoluzione delle fortificazioni alla fine del Quattrocento che ha stabilito una netta cesura nella progettazione di edifici realizzati a scopo militare; una seconda parte si focalizza sul caso studio di Piombino, descrivendo le vicende evolutive delle sue fortificazioni, dalla realizzazione del primo nucleo fortificato fino alla cinta muraria che era presente all'arrivo di Leonardo, ed analizzando i disegni leonardiani e i progetti piombinesi in seguito ad un confronto con i rilievi digitali delle fortezze appositamente eseguiti *in situ*.[9]

[8] Per quanto riguarda le conoscenze in ambito di topografia e rilievo architettonico molto è dovuto allo studio dei testi albertiani, che ben descrivevano le procedure di misurazione, che possono trovare riscontro in alcune delle annotazioni del Codice di Madrid.

[9] Gli studi di architettura civile e militare su Leonardo da Vinci hanno come principali riferimenti Pedretti 1978 e Marani 1984.

Lo studio e la sintesi delle esperienze affrontate da Leonardo da Vinci in ambito architettonico sono stati prettamente funzionali a comprendere lo stato delle conoscenze tecniche del Maestro ed il loro sviluppo nel tempo: mentre più comunemente si conoscono le doti artistiche e l'inventiva in ambito tecnico-scientifico di Leonardo, di cui sono estremamente note e trattate le opere d'arte e gli studi di meccanica ed idraulica, altrettanto non si può dire degli impegni e dei progetti che egli ha affrontato in ambito architettonico; in questo modo è stato possibile delineare le conoscenze e gli interessi di architettura che avevano influenzato sia Leonardo che gli altri artisti delle corti rinascimentali, i quali sicuramente si scambiavano opinioni sulle problematiche artistiche e tecniche del momento, confrontandosi sulle relative esperienze.

Una volta appurato che le esperienze leonardiane in architettura sono poco conosciute, probabilmente a causa della scarsità di edifici effettivamente realizzati e delle scarse testimonianze materiali ad oggi rinvenute delle opere da lui progettate, è necessario considerare che il caso studio oggetto della ricerca riguarda un ambito degli studi del Maestro ancor meno noto: si tratta infatti degli studi di fortificazioni, dei quali Leonardo, esponente illustre della cultura delle botteghe artistiche fiorentine, in un primo periodo della propria formazione era assolutamente poco esperto. Pertanto è stato necessario estendere il lavoro confrontandosi con l'evoluzione delle teorie e della pratica del sapere architettonico-militare di fine Quattrocento per arrivare a comprendere alcune delle idee di Leonardo in questo settore e ad inserire il lavoro dell'artista dentro un ben più ampio scenario storico: per quanto riguarda infatti l'evoluzione delle fortificazioni, a partire della seconda metà del Quattrocento inizia un rapido e totale cambiamento relativamente alle tecniche ossidionali e difensive, soprattutto in Centro Italia, a causa delle critiche situazioni politiche e militari in cui Leonardo si trova ad operare. Il lavoro di Leonardo si configura dunque come uno dei contributi teorici e pratici relativi alla necessaria evoluzione morfologica e funzionale delle strutture difensive a partire, ad esempio, dalle prime fortificazioni che presentavano torrioni poligonali con l'intento di fiancheggiare le cortine, nei domini dei Malatesta e dei Montefeltro. Fondamentale importanza per il Maestro ebbe lo studio degli esempi e delle teorie di Francesco di Giorgio Martini: una delle prime versioni del suo *Trattato di architettura* fu sicuramente in possesso di Leonardo (nonostante rimanga ancora da chiarire quando precisamente egli ebbe la possibilità di consultarne le pagine),[10] influenzandone le teorie architettoniche e militari e lo stile più maturo, o meglio più in linea con le esigenze del primo Cinquecento, di una difesa sistematica, come negli esperimenti di Antonio da Sangallo all'interno dei possedimenti pontifici dell'Italia Centrale.[11]

Lo studio delle fonti storiche relative alla città di Piombino ha permesso inoltre di ricostruire l'immagine della cinta fortificata nel tempo, grazie a un lavoro non sempre facile di ricucitura, a partire dalle fonti documentarie e bibliografiche, delle interpretazioni proposte ed eseguite dai vari autori sull'evoluzione del circuito murario e delle principali fortificazioni della città.

[10] Alla ricostruzione dei saperi e degli studi di Leonardo appartiene quel filone di ricerca che tenta di ricostruirne la biblioteca, v. Vecce 2017.

[11] Per approfondire lo sviluppo dell'architettura militare moderna alla fine del Quattrocento v. Fiore 2019.

Questo lavoro si è reso strettamente necessario per interpretare il rilievo delle strutture attualmente esistenti, che logicamente riportano tracce ed evidenze materiche e documentarie che risalgono fino alla prima formazione del castello nell'XI secolo, procedendo poi all'ampliamento medievale con i successivi interventi, per riuscire a delineare un quadro sufficientemente chiaro della situazione precedente all'arrivo di Leonardo da Vinci. Lo studio della documentazione storica è stato integrato dalle recenti analisi archeologiche su alcune strutture della città, che hanno permesso di incrementare la conoscenza delle fortificazioni piombinesi.[12]

Per analizzare correttamente i disegni del Maestro, le interpretazioni dello stato di fatto, i rilievi, così come le proposte progettuali, la maggior parte dei quali raccolti nel Codice II di Madrid, e gli argomenti trattati nei testi che li accompagnano è stato di fondamentale importanza ricostruire lo scenario nel quale Leonardo si trovò ad operare. Il rilievo digitale della città fortificata di Piombino è stato quindi uno dei pilastri della ricerca. I rilievi, realizzati con le attuali tecnologie digitali, *range-based* e *image-based*, hanno restituito lo stato di fatto delle architetture difensive della città ed i risultati sono stati sintetizzati in una serie di restituzioni alla scala architettonica, raccolte in un atlante di elaborati grafici, che descrivono la morfologia delle fortificazioni, la consistenza e lo sviluppo dei singoli apparati difensivi suddivisi per tipologie, arricchiti da accurate descrizioni delle superfici e dei materiali utili alle successive interpretazioni relative alle tecniche costruttive ed alle tecnologie impiegate nella loro realizzazione, oltre a costituire un interessante contributo alla lettura della stratigrafia degli elevati di ogni singola struttura.[13]

Il confronto infine con i disegni del *corpus* leonardiano è stato realizzato attraverso delle "schede di allineamento" nelle quali sono state analizzate le considerazioni di carattere architettonico e difensivo, e le disposizioni lungo la linea di difesa delle fortificazioni su cui aveva riflettuto Leonardo, cercando di far interagire a sistema, secondo le teorie della *trace italienne* (il nuovo tipo di fortificazione introdotto nella seconda metà del Quattrocento in risposta allo sviluppo dell'artiglieria da campagna), i punti nodali del sistema difensivo quali il Castello, la Fortezza ed il Rivellino. Una volta scelti gli elaborati grafici di interesse che potevano essere paragonati con gli schizzi realizzati dal Maestro, sono stati riportati alla scala del rilievo i disegni del codice II di Madrid relativi a quegli stessi oggetti, senza alcuna modifica delle proporzioni, per poi allinearli agli elaborati grafici del rilievo digitale realizzato. I risultati in alcuni casi sono stati sorprendenti, soprattutto per quanto riguarda l'affidabilità dei rilievi realizzati da Leonardo, come nel caso del perimetro della cortina della Fortezza, oppure nel confronto fra la sezione di progetto delle cortine con lo stato attuale della cortina e del fossato. Come appare dagli elaborati proposti il rilievo è stato quindi lo strumento fondamentale per comprendere le caratteristiche degli edifici che Leonardo vide nel Cinquecento e che ha adattato e modificato con il suo intervento.

[12] Per uno studio approfondito delle fonti storiche sulla città di Piombino vedi Ceccarelli Lemut 2003; Bianchi 2006; Lazzarini 2011.

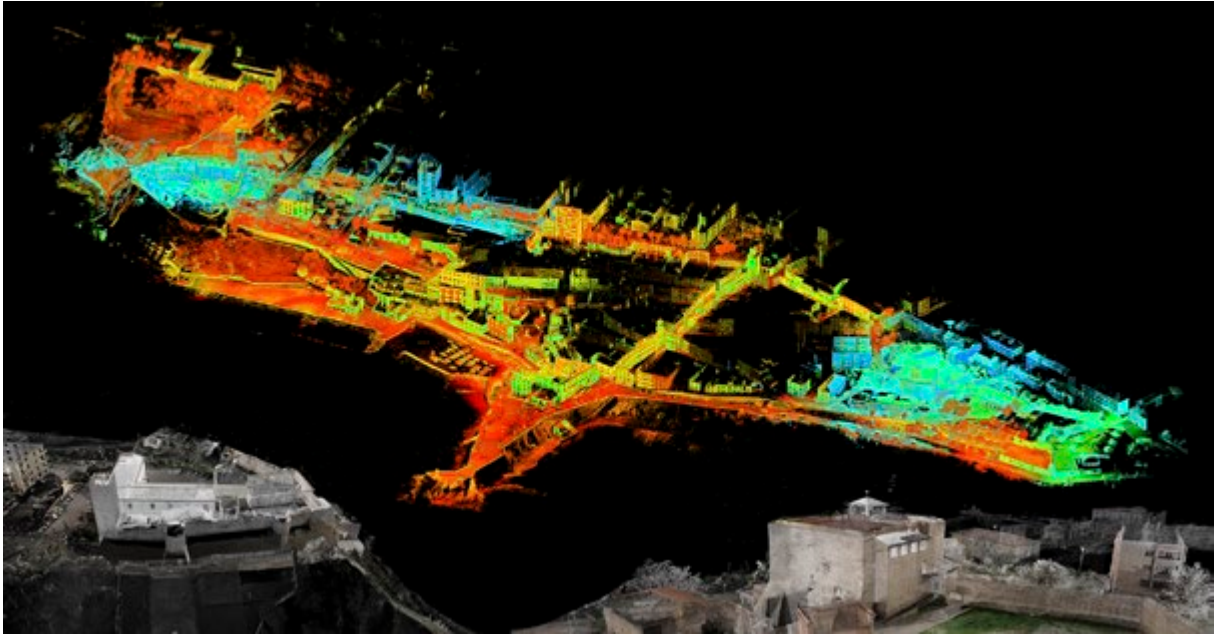
[13] Le fasi di rilievo hanno previsto di completare l'acquisizione dati sia delle fortificazioni che di tutto il percorso che era occupato dalla cinta muraria, e sono state eseguite con strumentazioni *laser scanner*: per il disegno e la restituzione delle superfici materiche delle architetture sono state mappate fotograficamente tutte le superfici delle architetture esistenti; per un approfondimento vedi Bertocci, Bigongiari 2020; Bigongiari 2020.

La lettura critica degli elaborati di rilievo ha anche permesso di documentare molte parti che nel corso del tempo hanno subito profonde mutazioni e che non permettono, se non all'occhio esperto, di rintracciare le porzioni più antiche dei fabbricati. Sulla base dei promettenti risultati ottenuti stiamo procedendo alla lettura critica di tutto il *corpus* documentario realizzato per ottenere un quadro completo, scientificamente convincente ed assolutamente nuovo, delle strutture delle fortificazioni della città che potrebbero riferirsi all'intervento di Leonardo.

3. I disegni delle fortificazioni per Piombino: sintesi delle novità a partire dall'interpretazione delle pagine del Codice II di Madrid

Leonardo Da Vinci è presente a Piombino in due occasioni: la prima al seguito del Duca Valentino nel 1502, la seconda inviato dalla Repubblica di Firenze per soprintendere al progetto di ammodernamento delle fortificazioni della città. Le difese di Piombino erano state riprogettate per Cesare Borgia nel 1502 così come viene riportato nella planimetria contenuta al foglio 115v del Codice Atlantico, non realizzato da Leonardo da Vinci ma attribuito da Amelio Fara (1999) al luogotenente del Valentino. Questo foglio è stato di fondamentale importanza nella ricerca perché riporta il rilievo architettonico della cinta muraria del fronte nord, 'di terra', della città prima dell'arrivo di Leonardo, ovvero prima del suo intervento progettuale; sono però disegnate con approssimazione le principali fortificazioni presenti nell'area, ovvero il Cassero Pisano e la Cittadella. Questo progetto non verrà mai realizzato a causa della caduta in disgrazia del Valentino, vengono però appaltati i primi lavori per lo scavo dei fossati.

Leonardo da Vinci riceve probabilmente a Firenze il foglio 115v, grazie al quale inizia a sperimentare alcuni progetti e forme di fortificazione, senza conoscere l'esatta geometria di tutte le architetture difensive esistenti a Piombino. Per questi motivi, all'interno del Codice II di Madrid, si possono distinguere alcuni disegni che, nonostante chiaramente rappresentino i progetti per Piombino, hanno evidenti semplificazioni di forma e non rispettano le reali proporzioni geometriche tra gli edifici. È singolare che le semplificazioni delle forme corrispondano a quelle presenti nel foglio 115v, da cui Leonardo aveva preso ispirazione senza avere ancora eseguito di persona un rilievo architettonico delle varie architetture.

Il giorno di Ognissanti del 1504 Leonardo da Vinci giunge a Piombino, presso il Signore Jacopo IV Appiani, per progettare le nuove difese della città, e mostra i punti deboli del progetto iniziato dal Valentino. La maggiore problematica consiste nell'allungamento della fortificazione sopra al colle di Santa Maria, di fronte alla Cittadella, da cui il nemico avrebbe potuto bersagliare tutte le difese della città. Da questo momento inizia un processo progettuale in cui, per prima cosa, Leonardo si rende conto della non conformità delle forme delle fortificazioni viste nel foglio 115v del C.A.; molte delle pagine del Codice II di Madrid, infatti, mostrano i rilievi eseguiti dallo stesso Leonardo per comprendere le forme delle fortificazioni di Piombino. Allo stesso tempo egli misura l'andamento delle fortificazioni della parte meridionale della città, che si affaccia sul mare, non presente nei rilievi del foglio 115v, perché ininfluente ai fini del progetto del Valentino, ma annotata a mano probabilmente dallo stesso Leonardo.

Sopra: **Figura 1**. Composizione grafica con immagini del rilievo *laser scanner* delle fortificazioni di Piombino: al centro il rilievo complessivo dell'intero perimetro fortificato della città, in basso a sinistra il rilievo digitale della Cittadella Appiani, sulla destra il rilievo del Cassero Pisano, all'interno della fortezza Medicea; a lato: **Figura 2.** Esempio di restituzione grafica dal rilievo digitale: in questo caso si mostra la planimetria della Cittadella Appiani e del suo intorno, assieme ad una sezione ambientale. Entrambe le immagini sono state elaborate dagli autori.

Il rilievo delle fortificazioni porta Leonardo a modificare il progetto sulla base delle nuove misurazioni e geometrie: è infatti possibile vedere, rispetto alle idee iniziali, come le forme delle architetture proposte combacino sempre di più con quelle effettivamente presenti a Piombino. Diventa quindi intuibile il processo progettuale che Leonardo ha messo in opera per proporre una nuova linea difensiva per la città. Non solo i rilievi degli edifici ma anche le forme urbane sono sempre più affidabili e attribuibili a rilievi direttamente eseguiti sul luogo.

Merita approfondire con brevi cenni l'intervento che Leonardo ha progettato per le principali architetture della cinta fortificata, situate ai poli opposti del fronte difensivo settentrionale: la Cittadella di Piombino e il Castello, conosciuto anche come Cassero Pisano.

La Cittadella Appiani era stata realizzata intorno al 1460 per volere del Signore Jacopo III Appiani, che voleva dare alla famiglia regnante una residenza adeguata al prestigio delle residenze dei Signori rinascimentali, e soprattutto per difendersi meglio dalle frequenti rivolte cittadine. La Cittadella sorge sopra ad un colle dove era stata costruita una torre di avvistamento nella seconda metà del XIV secolo. Il progressivo ampliamento delle strutture difensive porta, al tempo dell'arrivo di Leonardo, ad avere una fortezza poligonale difesa da piccoli torrioni circolari fiancheggianti. Leonardo esegue un rilievo per poligonali dei punti nodali del perimetro esterno della cittadella, e allo stesso tempo disegna nel dettaglio l'ingresso esistente, con un rivellino triangolare a proteggere la porta d'accesso alla struttura difensiva quadrangolare posta in angolo sul mare, probabilmente l'antica torre d'avvistamento. Leonardo stesso annota che la Cittadella ha gravi problemi di conservazione, concentrati in quelle aree in cui le strutture più antiche si legano a quelle più recenti e sulla parte di scogliera che continuamente ruina verso mare.

Nel suo processo di definizione del progetto, sempre più preciso a mano a mano che esegue i rilievi dello stato di fatto, Leonardo prevede di inserire un puntone triangolare a difesa della Cittadella per evitare gli assalti dal colle di Santa Maria; questo puntone è stato ingrandito successivamente ed è riportato nelle piante di Giovanni Bellucci. Inoltre progetta al posto del torrione quadrato, ovvero dell'ormai inadeguata torre di avvistamento, un nuovo torrione circolare.

Il Castello di Piombino, o Cassero Pisano, giunge agli occhi di Leonardo da Vinci come una struttura difensiva realizzata attraverso un lungo processo di stratificazione iniziato nel XIII secolo, quando una delle porte medievali di accesso alla città è stata gradualmente fortificata, fino ad assumere le forme di una fortezza. Leonardo prevede inizialmente di ampliare notevolmente il Castello trasformandolo in una moderna fortezza difensiva, quadrilatera con doppio fossato e rivellini circolari sulle diagonali. Il progetto viene però sempre più ridimensionato, probabilmente per i costi eccessivi e per la necessità di adeguarsi ai fossati, già in parte realizzati, previsti dal progetto del Valentino. Leonardo prevede, a soluzione, di anteporre al Castello, per raddrizzare il fossato, un solo rivellino circolare interrato all'altezza degli scavi. Modifica il Cassero solo nella distribuzione interna, specialmente per adeguare le murature medievali a resistere ai colpi delle armi da fuoco: per questo motivo scompone la pianta in una griglia quadrangolare e dispone dei setti arcuati, con fondazione ad arco rovescio, in modo tale che funzionassero sia da contrafforti che da vie in elevazione per lo spostamento delle truppe. In questa previsione la torre viene modellata con forma ottagonale in modo tale da aprire delle cannoniere su più lati della fortezza.

Conclusioni

La ricerca mostrata ha potuto verificare l'importanza dell'utilizzo del rilievo digitale come fondamentale strumento di conoscenza delle architetture; grazie al suo utilizzo è stato possibile realizzare un impianto metodologico per comprendere a fondo non solo le intenzioni progettuali di Leonardo da Vinci a Piombino ma anche per riconoscere ed evidenziare la collocazione in planimetria di altri disegni dell'artista legati alla città toscana. Un dettagliato *database* morfologico che descrive le architetture fortificate era assente, e la sua realizzazione è stata utile a sviluppare ulteriori studi legati all'architettura militare di Piombino; allo stesso tempo, esso potrà essere sfruttato come *database* tridimensionale di partenza per avviare studi sulla forma della città. La ricerca riguardante l'intervento di Leonardo potrà essere approfondita ricostruendo per tutte le architetture rilevate, laddove è ancora possibile, una attenta analisi delle stratigrafie murarie e documentare scientificamente l'evoluzione di queste strutture anche in relazione alle fonti storico-documentarie. È stato possibile, grazie all'analisi diretta dei disegni di Leonardo, comprendere sia l'estensione e l'evoluzione del progetto che egli ha sviluppato per Jacopo IV Appiani, sia, confrontandosi con le cartografie e le fonti dell'epoca, le porzioni di architettura realizzate sulla base dei disegni del Maestro. La comprensione del metodo progettuale di Leonardo nell'approccio all'architettura militare ha permesso inoltre di ampliare le conoscenze riguardanti la sua pratica riguardo alla realizzazione di opere architettoniche e suggerisce notevoli spunti, che meritano un debito approfondimento, sulla questione relativa al riutilizzo di strutture antiche, nonché sul metodo di progetto, restauro e ammodernamento delle architetture del primo Cinquecento.

Figura 3. Scheda di analisi dei dati desunti da una delle pagine del Codice II di Madrid, il f. 25r. Dopo aver ridisegnato gli schizzi leonardiani, i risultati sono stati scalati, senza variare i rapporti dimensionali, e sovraapposti al rilievo architettonico per verificare le corrispondenze tra i segni grafici e le strutture oggi esistenti; il disegno è stato inoltre approfondito cercando di evidenziare le intenzioni della rappresentazione e di illustrare i significati degli oggetti rappresentati. Elaborazione degli autori.

Riferimenti bibliografici

Bertocci S., Bigongiari M. (2020), “Rilievo digitale delle fortificazioni di Piombino”, in Navarro Palazón J., García-Pulido L.J. (a cura di), *Defensive Architecture of the Mediterranean Vol. X*, University of Granada, Granada.

Bertocci S., Bigongiari M. (2020a), “Le fortificazioni di Piombino di Leonardo da Vinci: la riscoperta delle tracce dell’impianto rinascimentale attraverso il rilievo digitale e il disegno”, in Arena A., Arena M., Brandolino R.G., Colistra D., Ginex G., Mediati D., Nucifora S., Raffa P. (a cura di), *Connettere. Un disegno per annodare e tessere*. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Franco Angeli, Milano.

Bianchi G. (1999), “Prime indagini archeologiche nel castello di Piombino (LI)”, *Archeologia Medievale*, n. 26, 133-138.

Bianchi G. (2006), *Piombino. La chiesa di Sant’Antimo sopra i canali. Ceramiche e architetture per la lettura archeologica di un abitato medievale e del suo porto*, All’Insegna del Giglio, Firenze.

Bianchi G. (2012), “Piombino. Porto e città: una lettura archeologica”, in Ceccarelli Lemut M.L., Garzella G., Petralia G., Vaccari O. (a cura di), *Il porto di Piombino, tra storia e sviluppo*, Pacini, Pisa, pp. 11-28.

Bigongiari M. (2020), *L’architettura fortificata di Leonardo da Vinci in Toscana. Rilievi digitali delle fortificazioni di Piombino per la interpretazione critica dei progetti leonardiani*, Tesi di Dottorato (relatore S. Bertocci), Università di Firenze, Firenze.

Ceccarelli Lemut M.L. (2003), “Piombino”, in Bianchi G. (a cura di), *Campiglia, un castello e il suo territorio*, All’insegna del Giglio, Firenze, pp.55-58.

Fara A. (1999), *Leonardo a Piombino e l’idea della città moderna tra Quattro e Cinquecento*, Leo S. Olschki, Firenze.

Fiore F.P. (2019), *Architettura e arte militare, mura e bastioni nella cultura del Rinascimento*, Campisano Editore, Roma.

Heidenreich L.H. (1974), “I progetti di Leonardo per fortificare Piombino”, *Almanacco Italiano*, n. 75, pp. 332-339.

Lazzarini M.T. (2011), *Le chiese di Piombino*, Pacini, Pisa.

Marani P.C. (1984), *L’architettura fortificata negli studi di Leonardo da Vinci*, Leo S. Olschki, Firenze.

Pedretti C. (1978), *Leonardo architetto*, Electa, Milano.

Reti L. (1974 - a cura di), *Leonardo da Vinci. I Codici di Madrid,* 5 voll., Giunti-Barbera, Firenze.

Vecce C. (2017), *La biblioteca perduta, I libri di Leonardo*, Salerno Editrice, Salerno.